

# ESTUDIO DE LA TIPOLOGÍA DE PREGUNTAS SOBRE LAS TEMÁTICAS ÁTOMO, TABLA PERIÓDICA Y ENLACE QUÍMICO EN LAS PRUEBAS DE ACCESO A LA UNIVERSIDAD EN ANDALUCÍA

Rosario Franco-Mariscal, José M. O. Martínez

*Universidad de Cádiz. Facultad de Ciencias de la Educación. Didáctica de las Ciencias Experimentales.*

M<sup>a</sup> Luisa Almoraima Gil Montero

*Universidad de Cádiz. Facultad de Ciencias. Departamento de Química Física.*

Antonio J. F. Mariscal

*IES Juan Ramón Jiménez. Málaga.*

**RESUMEN:** Este trabajo analiza las pruebas de acceso a la universidad de química en Andalucía desde las temáticas átomo/tabla periódica (ATP) y enlace químico (EQ), estudiando su frecuencia de aparición y la tipología de preguntas con el sistema de categorías de Smith *et al.* (definición, algorítmicas y conceptuales). Los resultados muestran que son temáticas poco abordadas (5.4% ATP y 9.4% EQ), a pesar de su importancia en la química escolar. En ningún caso aparecen preguntas de tipo algorítmico y la mayoría son conceptuales en ambas temáticas. Son mayoritarias cuestiones de análisis e interpretación de datos (87%) en el tema ATP, y de explicación de ideas subyacentes y predicción de resultados (85%) y análisis de representación pictórica (76%) en EQ. Sólo el 45% y 13% son cuestiones de definición ATP y EQ, respectivamente.

**PALABRAS CLAVE:** pruebas de acceso a la universidad, tipología de preguntas, átomo, tabla periódica, enlace químico

**OBJETIVOS:** Este trabajo plantea dos objetivos: 1) Conocer el grado de importancia que se le da en las pruebas de acceso a la universidad de química a las temáticas átomo, tabla periódica y enlace químico, y 2) Conocer si la naturaleza de las preguntas que se proponen en estas pruebas en dichas temáticas tienen carácter conceptual o algorítmico.

## INTRODUCCIÓN

El procedimiento de acceso a la universidad en España requiere la superación de una prueba por parte de los estudiantes que se encuentren en posesión del Título de Bachiller o de Técnico Superior

correspondientes a las enseñanzas de Formación Profesional. Esta prueba tiene como finalidad valorar con carácter objetivo la madurez académica del estudiante así como los conocimientos y habilidades adquiridos en el Bachillerato y su capacidad para seguir con éxito las enseñanzas universitarias oficiales de Grado.

La presente investigación se enmarca dentro de una Tesis Doctoral (Franco-Mariscal, 2016) que persigue analizar las pruebas de acceso a la universidad (en adelante PAU) de química en Andalucía y hacer propuestas de mejora a las mismas. El trabajo que aquí se presenta se centra en el contenido de las pruebas en torno a las temáticas átomo / tabla periódica (ATP) y enlace químico (EQ), por ser de gran interés en la química escolar en los primeros acercamientos a los estudiantes.

## MARCO TEÓRICO

En los últimos 20 años, la relación entre cuestiones procedimentales y conceptuales ha sido foco de discusión en la didáctica de la química. En este sentido, la perspectiva de que los estudiantes pueden aprender problemas cuantitativos o habilidades dentro de la química sin comprender su base conceptual del contenido ha sido investigada ampliamente. Así, Nurrenbern y Pickering (1987) encontraron que la comprensión conceptual de la estequiometría quedaba rezagada al entendimiento cuantitativo. Por su parte, Pickering (1990) estableció que el desempeño en cuestiones conceptuales de química orgánica no era significativo de un éxito en este tópico. Nakhleh y colaboradores (Nakhleh, 1993, Nakhleh y Mitchell, 1993; Zoller et al., 1995) llevaron a cabo una serie de estudios con diferentes estrategias para solventar las lagunas existentes entre entendimiento conceptual y habilidades algorítmicas. Un componente clave de todos estos estudios fue el uso del formato de preguntas apareadas, en las cuales el desempeño de los estudiantes se mide a través de parejas de ítems de múltiple elección que han sido diseñados para proporcionar datos sobre conocimientos conceptuales y algorítmicos de forma separada. Metodologías como ésta permitieron llevar a cabo numerosos estudios que identificaron las ideas previas o concepciones alternativas de los estudiantes en un gran número de tópicos de contenidos de química. Además de identificar la existencia de estas ideas erróneas, estos estudios supusieron también respuestas pedagógicas en la manera en que los libros de textos presentaban la información sobre la química en los diferentes niveles.

El rendimiento de los estudiantes en los ítems conceptuales de los diferentes tests usados en la investigación refleja que el aprendizaje significativo, como definen Novak y Gowin (1984) está más vinculado al cambio conceptual. Del mismo modo, Pushkin (1998) argumenta que los estudiantes que muestran entendimiento conceptual de los conceptos químicos pueden ser categorizados como estudiantes con un desarrollo cognitivo más avanzado. Por otro lado, se encuentran diferencias en el razonamiento de los estudiantes al resolver cuestiones algorítmicas o conceptuales. Así, los estudiantes abordan a menudo los ítems algorítmicos con métodos heurísticos, mientras que para los ítems conceptuales requieren desarrollar un pensamiento analítico.

Por último, es importante reconocer que ha habido esfuerzos para diseñar esquemas de clasificación que son más variados que solamente algoritmos versus conceptual. En este sentido, Zoller (2002) realizó numerosos estudios en este campo. Más recientemente, Smith, Nakhleh y Bretz (2010) han propuesto un sistema extendido para clasificar los elementos de una prueba. En su sistema, el nivel primario de clasificación incluye (a) definiciones, (b) algoritmos, y (c) comprensión conceptual. Un aspecto clave de este trabajo radica en concebir niveles secundarios de clasificación más allá de estas categorías generales (Tabla 1). En esta línea de trabajo, el análisis de la tipología de preguntas propuestas en las PAU de Química permitirá poner de manifiesto qué desempeños se pretenden conseguir con estas pruebas.

Tabla 1.  
Sistema de categorías de Smith et al. (2010)

<i>Categorías</i>	<i>Códigos</i>	<i>Subcategorías</i>
Definición (D)	D-RUA	Recordar, comprender o aplicar una definición
	D-R	Reconocer una definición
Algorítmica (A)	A-MaMi	Conversiones Macroscópicas-Microscópicas
	A-MaD	Análisis Dimensional-Macroscópico
	A-MIS	Conversiones Microscópico-Simbólicas
	A-Mu	Multietapa
Conceptual (C)	C-E	Explicación de ideas subyacentes
	C-P	Análisis de representaciones pictóricas de símbolos y ecuaciones
	C-I	Análisis / Interpretación de datos
	C-O	Predicción de resultados

## METODOLOGÍA

En las PAU de Química en Andalucía se proponen dos opciones en cada prueba, entre las que el alumno ha de elegir una sola. Cada opción consta de seis ejercicios, en concreto cuatro cuestiones y dos problemas. Cada curso académico se elaboran seis propuestas de examen, dos de ellas son utilizadas en las convocatorias de junio y de septiembre respectivamente y las cuatro restantes se utilizan como reservas. Cada una de estas propuestas tiene sus opciones A y B, por lo que anualmente se elaboran un total de 12 exámenes diferentes.

Este estudio analiza las preguntas de las PAU de Química planteadas en las doce ediciones que van desde 2002 hasta 2013, de los exámenes de las convocatorias de junio y septiembre, en sus opciones A y B. En total constituyen 288 preguntas, más otras tantas correspondientes a los exámenes de reserva, por lo que la muestra total analizada fue de 576 preguntas. Cada cuestión se identificó con un código compuesto por letras y dígitos, que hacían referencia al año, convocatoria, opción de la pregunta y número de la pregunta dentro de la prueba.

En primer lugar se identificaron cuántas preguntas abordaban cada una de las temáticas del currículo de Bachillerato. Una vez detectadas, las preguntas se caracterizaron utilizando las categorías de Smith et al. (2010) para identificar la tipología de la pregunta. Hay que indicar que la suma de porcentajes superaba el 100% ya que en algo más de la cuarta parte de las preguntas concurrían contenidos relacionados con dos temáticas distintas.

## RESULTADOS

### Análisis de la temática

Se encontró que el 5.4% de las preguntas analizadas correspondía a la temática ATP, y el 9.4% a EQ, siendo temáticas poco abordadas en las pruebas en especial la correspondiente a la tabla periódica.

Además el análisis desveló que en ocasiones en estas preguntas concurrían contenidos relacionados con dos temáticas distintas. Así, de las 31 preguntas de la temática ATP, 30 fueron de ATP y sólo una de ATP con EQ. Por su parte, de las 54 preguntas sobre la temática EQ, 47 fueron de EQ exclusivamente, una de EQ combinada con ATP, y seis de EQ con química orgánica.

A modo de ejemplo, se presenta el enunciado de una pregunta exclusiva de EQ (ejemplo 1) y de otra que combina la temática ATP con EQ (ejemplo 2):

Ejemplo 1:

“Justifica las siguientes afirmaciones:

- a) A 25°C y 1 atm, el agua es un líquido y el sulfuro de hidrógeno es un gas.
  - b) El etanol es soluble en agua y el etano no lo es.
  - c) En condiciones normales el flúor y el cloro son gases, el bromo es líquido y el yodo sólido.”
- (PAU Junio 2003, cuestión 3)

Ejemplo 2:

- “La configuración electrónica  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$  corresponde a un ión  $A^{2+}$ . Justifique: a) El número atómico y el periodo al que pertenece el átomo A. b) El número de electrones de valencia que posee A. c) ¿Qué tipo de enlace formará el elemento A con un elemento X cuya configuración electrónica es  $1s^2 2s^2 2p^5$ ? Razone cuál será la fórmula del compuesto formado por X y A.”
- (PAU Septiembre 2013, cuestión 2)

## Análisis de las preguntas según la categorización de Smith

El análisis de las preguntas según el sistema de categorías propuesto por Smith *et al.* (2010) mostró que en ambas temáticas, las PAU incluían preguntas de dos de los tres tipos (conceptuales y definición), estando ausentes preguntas referentes a algoritmos. La tabla 2 muestra los resultados encontrados para ATP y EQ respectivamente.

Tabla 2.

Tipos de preguntas encontradas de la temática ATP según la categorización de Smith *et al.* (2010)

<i>Categoría</i>	<i>Subcategoría</i>	<i>Frecuencia ATP</i>	<i>% ATP (N=31)**</i>	<i>Frecuencia EQ</i>	<i>% EQ (N=54)**</i>
Definición	Recordar, comprender o aplicar una definición	14	45.2%	7	13.0%
	Reconocer una definición	0	0.0%	0	0.0%
Algorítmica	Conversiones Macroscópicas-Microscópicas	0	0.0%	0	0.0%
	Análisis Dimensional-Macroscópico	0	0.0%	0	0.0%
	Conversiones Microscópico-Simbólicas	0	0.0%	0	0.0%
	Multietapa)*	(0)*	0.0%*	0*	0.0%*
Conceptual	Explicación de ideas subyacentes	7	22.6%	48	88.9%
	Análisis de representaciones pictóricas	0	0.0%	41	75.9%
	Análisis/Interpretación de datos	27	87.1%	5	9.3%
	Predicción de resultados	16	51.6%	47	87.0%
* Valores ya incluidos en las otras categorías de preguntas de tipo algorítmicas.					
** Contabilizado respecto al número de preguntas totales en las que intervienen cuestiones sobre el tema ATP o EQ.					

Como se observa en la tabla 2, el mayor peso en la evaluación de la temática ATP corresponde a preguntas de tipo conceptual, en especial las correspondientes a análisis e interpretación de datos (87.1%) y, en menor medida de predicción de resultados y de explicación de ideas (51.6 y 22.6%,

respectivamente). Sólo en un 45.2% aparecen preguntas de definición relacionadas con ATP. Destaca, sin embargo, la nula aparición de preguntas sobre análisis de representaciones pictóricas, haciendo por tanto descansar casi todo el peso de las explicaciones del alumnado, en respuestas de tipo verbal.

Para la temática EQ tampoco aparecen preguntas de tipo algorítmico, la inmensa mayoría son preguntas de tipo conceptual con porcentajes altos por encima del 85% de explicación de ideas subyacentes y de predicción de resultados y con un 75.9% de análisis de representación pictórica. Esta mayor presencia del análisis de representaciones visuales se debe, sin duda, a la importancia concedida en este tema a los diagramas de representación del enlace químico, en especial a los diagramas de Lewis y a la representación de la geometría molecular (Chaves, Badillo y Miranda, 2010). Por otro lado, apenas se proponen preguntas de definición, de recordar, comprender o aplicar una definición (13%).

## CONCLUSIONES

Este trabajo ha profundizado en la naturaleza de la tipología de preguntas propuestas en las PAU de Química intentando vislumbrar si predominan cuestiones conceptuales o algorítmicas. Los resultados obtenidos muestran que el tipo de pregunta que predomina en las temáticas ATP y EQ es conceptual. Este resultado resulta lógico teniendo en cuenta que no es éste un tema que se preste al planteamiento de problemas numéricos, que son los que mejor concuerdan dentro del formato de preguntas algorítmicas.

En ambos casos no aparecen preguntas dónde se haga referencia al material de laboratorio. Sin embargo, sería posible una cierta proyección práctica del tema de enlace químico, por ejemplo a través del análisis de situaciones que impliquen la determinación de propiedades de las sustancias, como el punto de fusión o ebullición, la conductividad, la solubilidad, etc. Aunque este tema, y también en parte el de la Tabla Periódica, manejan contenidos a nivel teórico, no se proponen preguntas en las pruebas que evalúen contenidos de este tipo a nivel práctico tales como cómo medir un punto de fusión o ebullición, cómo determinar si una sustancia es conductora o no de la electricidad, etc.

## REFERENCIAS

- CHAVES, J.I.H., BADILLO, R.G. y MIRANDA, R.P. (2010). Transposición didáctica del modelo científico de Lewis-Langmuir. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7 (2), 527-543.
- FRANCO-MARISCAL, R. (2016). *Análisis de las pruebas de acceso a la Universidad en la asignatura de Química y su incidencia en la actividad docente del profesorado de Bachillerato*. Tesis Doctoral. Cádiz: Universidad de Cádiz.
- NAKHLEH, M.B. (1993). Are our students conceptual thinkers or algorithmic problem solvers? Identifying conceptual students in general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 70 (1), 52-55.
- NAKHLEH, M.B. y MITCHELL, R.C. (1993). Concept learning versus problem solving: There is a difference. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 190-192.
- NOVAK, J.D. y GOWIN, D.B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge University Press: Cambridge, U.K.
- NURRENBERN, S.C. y PICKERING, M. (1987). Concept learning versus problem solving: Is there a difference? *Journal of Chemical Education*, 64 (6), 508-510.
- PICKERING, M. (1990). Further studies on concept learning versus problem solving. *Journal of Chemical Education*, 67 (3), 254-255.

- PUSHKIN, D.B. (1998). Introductory students, conceptual understanding, and algorithmic success. *Journal of Chemical Education*, 75 (7), 809–810.
- SMITH, K.C., NAKHLEH, M.B. y BRETZ, S.L. (2010). An expanded framework for analyzing general chemistry exams. *Chemistry Education Research and Practice*, 11, 147-153.
- ZOLLER, U. (2002). Algorithmic, LOCS and HOCS (chemistry) exam questions: Performance and attitudes of college students. *International Journal Science Education*, 24, 185-203.
- ZOLLER, U.; LUBEZKY, A; NAKHLEH, M. B.; TESSLER, B. y DORI, Y.J. (1995). Success on Algorithmic and LOCS vs. Conceptual Chemistry Exam Questions. *Journal of Chemical Education*, 72(11), 987–989.